



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09211435 A**(43) Date of publication of application: **15.08.97**

(51) Int. Cl. **G02F 1/1333**  
**G02F 1/137**

(21) Application number: **08199941**(22) Date of filing: **30.07.96**

(30) Priority: **31.07.95 JP 07194510**  
**30.11.95 JP 07312013**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**

(72) Inventor: **NAKAO KENJI**  
**KAMIMURA TSUYOSHI**  
**YAMAMOTO MASAO**

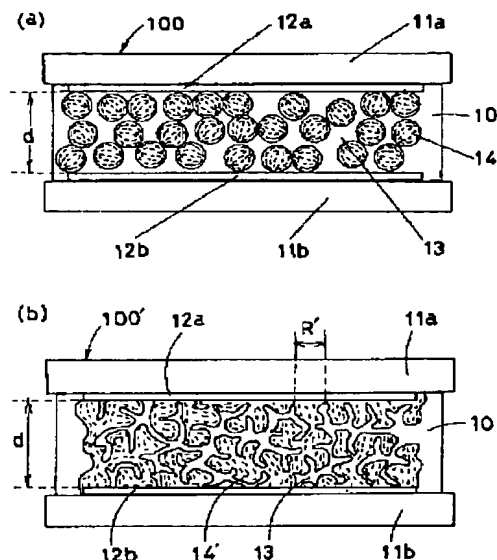
(54) **LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE AND ITS  
 PRODUCTION AND PROJECTION TYPE  
 DISPLAY**

## (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To embody a liquid crystal display device of a high polymer dispersion type having an excellent threshold characteristic and scattering characteristic and high display quality.

SOLUTION: A liquid crystal layer 10 is held between a pair of substrates 11a and 11b formed with transparent electrodes 12a, 12b on the inner side. The liquid crystal layer 10 is formed by dispersing liquid crystal drops 14 into a high polymer matrix 13. At this time, the liquid crystal layer 10 is so formed as to satisfy the relation,  $2.585 \cdot d^{-1/3} - 0.3 < R < 2.585 \cdot d^{-1/3} + 0.3$  when the thickness of the liquid crystal layer is defined as  $d(\mu\text{m})$  and the average grain size of the liquid crystal drops 14 as  $R(\mu\text{m})$ .

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-211435

(43) 公開日 平成9年(1997)8月15日

|                           |      |        |                |        |
|---------------------------|------|--------|----------------|--------|
| (51) Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I            | 技術表示箇所 |
| G 0 2 F 1/1333            |      |        | G 0 2 F 1/1333 |        |
| 1/137                     |      |        | 1/137          |        |

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 12 頁)

|              |                 |          |   |
|--------------|-----------------|----------|---|
| (21) 出願番号    | 特願平8-199941     | (71) 出願人 | 000005821<br>松下電器産業株式会社<br>大阪府門真市大字門真1006番地 |
| (22) 出願日     | 平成8年(1996)7月30日 | (72) 発明者 | 中尾 健次<br>大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内       |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平7-194510     | (72) 発明者 | 上村 強<br>大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内        |
| (32) 優先日     | 平7(1995)7月31日   | (72) 発明者 | 山本 雅夫<br>大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内       |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)        | (74) 代理人 | 弁理士 宮井 暁夫                                   |
| (31) 優先権主張番号 | 特願平7-312013     |          |   |
| (32) 優先日     | 平7(1995)11月30日  |          |   |
| (33) 優先権主張国  | 日本 (J P)        |          |   |

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置およびその製造方法と投射型ディスプレイ

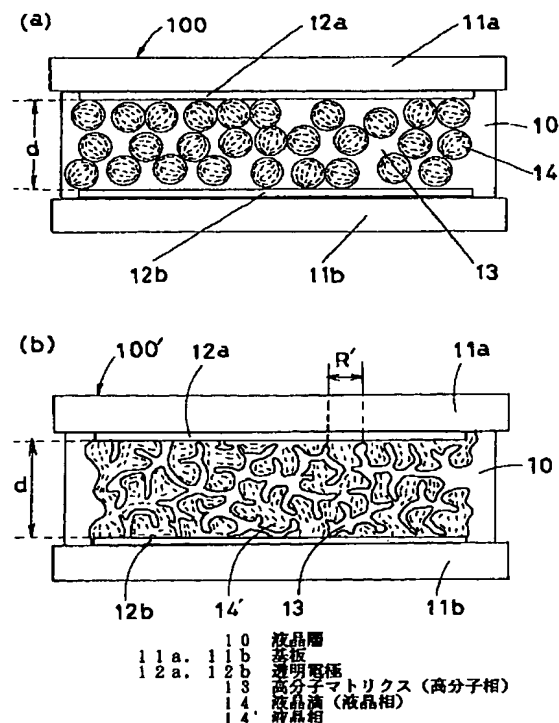
(57) 【要約】

【課題】 閾値特性および散乱特性に優れ、表示品質の高い高分子分散型の液晶表示装置を実現する。

【解決手段】 内側に透明電極12a、12bを形成した一対の基板11a、11b間に液晶層10を挟持し、液晶層10は高分子マトリクス13中に液晶滴14が分散されており、液晶層10の厚さをd (μm)、液晶滴14の平均粒径をR (μm) とするとき、

$$2.585 \cdot d^{-1/3} - 0.3 < R < 2.585 \cdot d^{-1/3} + 0.3$$

の関係を満たすようにする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の基板と、この一対の基板間に挟持された液晶層と、この液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、

前記液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、前記液晶層の厚さを $d$  ( $\mu\text{m}$ )、前記液晶相の平均粒径または前記液晶相の平均厚みを $R$  ( $\mu\text{m}$ ) とするとき、

$$2.585 \cdot d^{-1/3} - 0.3 < R < 2.585 \cdot d^{-1/3} + 0.3$$

の関係を満足することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】 一対の基板と、この一対の基板間に挟持された液晶層と、この液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、

前記液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、前記液晶層の厚さを $d$  ( $\mu\text{m}$ )、前記液晶相の平均粒径または前記液晶相の平均厚みを $R$  ( $\mu\text{m}$ ) とするとき、

$$2.585 \cdot d^{-1/3} - 0.1 < R < 2.585 \cdot d^{-1/3} + 0.1$$

の関係を満足することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項3】 液晶相の平均粒径または前記液晶相の平均厚み $R$ が、 $0.9 < R < 1.25$ の関係を満足する請求項1記載の液晶表示装置。

【請求項4】 液晶層の厚さ $d$ が、 $8 < d < 15$ の関係を満足する請求項1記載の液晶表示装置。

【請求項5】 一対の基板と、この一対の基板間に挟持された液晶層と、この液晶層に電圧を印加する電極とを備え、前記液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなる液晶表示装置の製造方法であって、液晶材料と重合性モノマーと重合性オリゴマーとを含む混合物を重合誘起相分離することによって前記高分子分散液晶を形成する工程を包含し、

前記一対の基板間の距離を $d$  ( $\mu\text{m}$ ) とし、前記混合物中の前記重合性モノマーの重量分率を $M$ 、前記重合性オリゴマーの重量分率を $O$ とするとき、

$$0.8 \cdot 550 \cdot d^{-3/2} < M/O < 1.2 \cdot 550 \cdot d^{-3/2}$$

の関係を満足することを特徴とする液晶表示装置の製造方法。

【請求項6】 一対の基板間の距離 $d$  ( $\mu\text{m}$ ) と、混合物中の重合性モノマーの重量分率 $M$ と、重合性オリゴマーの重量分率 $O$ とが、

$$0.9 \cdot 550 \cdot d^{-3/2} < M/O < 1.1 \cdot 550 \cdot d^{-3/2}$$

の関係を満足する請求項5記載の液晶表示装置の製造方法。

【請求項7】 一対の基板と、前記一対の基板間に挟持された液晶層と、前記液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、

前記液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、前記液晶層の厚さを $d$  ( $\mu\text{m}$ )、前記液晶相の平均粒径または前記液晶相の平均厚みを $R$  ( $\mu\text{m}$ ) とし、前記液晶相の液晶材料の屈折率異方性を $\Delta n$ とするととき、

$$R \cdot \Delta n > 0.3, \text{かつ } 8R < d$$

の関係を満足することを特徴とする液晶表示装置。

【請求項8】 液晶層の厚さ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) が $18 \mu\text{m}$ 以下である請求項7記載の液晶表示装置。

10 【請求項9】 液晶相の平均粒径または前記液晶相の平均厚み $R$  ( $\mu\text{m}$ ) と、前記液晶相の液晶材料の屈折率異方性 $\Delta n$ とが、 $R \cdot \Delta n > 0.35$ の関係を満足し、かつ、

液晶層の厚さ $d$ が $10\%$ 変動した場合に散乱ゲインの変動量が $20\%$ 以下となる前記液晶層の最小の厚さを $d_0$ とするとときに、 $d < 1.2 d_0$ の関係を満足する請求項7記載の液晶表示装置。

20 【請求項10】 一対の基板のうち一方の基板は、電極が複数の画素電極からなり、各画素電極に印加する電圧を制御するアクティブ素子を設けたアクティブマトリクス基板である請求項7記載の液晶表示装置。

【請求項11】 一対の基板と、この一対の基板間に挟持された液晶層と、この液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、

前記液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、前記液晶層の厚さが $10\%$ 変動した場合の散乱ゲインの変動量が $20\%$ 以下であることを特徴とする液晶表示装置。

30 【請求項12】 液晶層の厚さが $10\%$ 変動した場合の散乱ゲインの変動量が $10\%$ 以下である請求項11記載の液晶表示装置。

【請求項13】 一対の基板と、前記一対の基板間に挟持された液晶層と、前記液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、

前記液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、前記液晶層の赤色光に対する散乱ゲインが、緑色光に対する散乱ゲインの $1.2$ 倍以下であることを特徴とする液晶表示装置。

40 【請求項14】 複数の色光の各色光を変調する複数の液晶表示装置と、この複数の液晶表示装置で変調された光を合成し投射する投射光学系とを備えた投射型ディスプレイであって、

前記液晶表示装置は、請求項7, 8, 9, 10, 11, 12または13記載の液晶表示装置であることを特徴とする投射型ディスプレイ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高分子分散型液晶を用いた散乱型の液晶表示装置およびその製造方法と投射型ディスプレイに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、高分子分散型液晶（PDLC）を用いた液晶表示装置（以下、PDLCDと略す）が開発された。PDLCについては、例えば、LIQUID CRYSTAL S, APPLICATIONS AND USES, Vol. 1, Chapter 14, Edited by Brendra Bahadur, WorldScientific Publishing, 1990. に紹介されている。

【0003】PDLCは、高分子マトリクス中に多数の液晶滴（droplet）が分散した構造を有する。PDLCに電圧が印加されない状態では、液晶滴中の液晶分子はランダムに配向しており、PDLCに入射した光は散乱される。一方、PDLCに電圧を印加すると、液晶滴中の液晶分子は電界の方向に配向する。この時、液晶分子の常光屈折率 $n_o$ と高分子マトリクスの屈折率 $n_p$ とが概ね一致する場合には、PDLCに入射した光は散乱されることがなく透過する。従って、電圧のスイッチングによって、光散乱状態と光透過状態との間をスイッチングすることができる。PDLCDは、PDLCのこの光学的なスイッチング現象を利用して、表示を行う。

【0004】また、PDLCDおよびそれを用いた投射型液晶表示装置は、例えば、特開平3-58021号公報に開示されている。特開平3-58021号公報は、従来のTNモードの液晶表示装置用のアクティブ素子および駆動回路を用いて、高コントラスト比の表示を実現できるPDLCDを開示している。そのPDLCDは、液晶滴の平均粒径 $R$ （ $\mu\text{m}$ ）、セル厚 $d$ （ $\mu\text{m}$ ）、液晶材料の屈折率異方性（複屈折率） $\Delta n$ 、および最大印加電圧 $V_{\text{max}}$ （V）が、下記の条件を全て満たすように設定されている。液晶滴の平均粒径 $R$ およびセル厚 $d$ は、PDLCの散乱特性だけでなく、閾値特性（閾値電圧）にも影響するからである。

$$\text{【0005】 } 0.3 < R \cdot \Delta n < 0.7$$

$$4R < d < 8R$$

$$0.5 \cdot R \cdot V_{\text{max}} < d < R \cdot V_{\text{max}}$$

さらに、PDLCパネルを3枚用い、それぞれのパネルに赤色光（R）、緑色光（G）および青色光（B）を照射して、PDLCパネルによって変調されたそれぞれの色光を合成し、カラー画像を投射表示する投射型ディスプレイが提案されている。しかしながら、PDLCの光散乱特性には波長依存性があり、赤色光のような長波長光の散乱強度は弱い。従って、3枚のPDLCパネルを用いて投射型カラー液晶表示装置（三板式）を構成する場合、それぞれの色に対応するPDLCパネルの構成を最適化する必要があった。例えば、PDLCの液晶滴の各平均粒径とセル厚とをそれぞれのパネルで調整する必要があった。

【0006】例えば、特開平3-58022号公報は、それぞれの色に対応して、液晶滴の平均粒径とセル厚との両方を最適化したPDLCを用いる液晶表示装置を開示している。具体的には、下記の条件が示されている。

$$0.3 < R_o \cdot \Delta n < 0.7$$

$$4R_o < d_o < 8R_o$$

$$0.9R_o/\lambda_o < R_s/\lambda_s < 1.1R_o/\lambda_o$$

$$0.9d_o/\lambda_o < d_s/\lambda_s < 1.1d_o/\lambda_o$$

ここで、液晶材料の複屈折率を $\Delta n$ 、各色に対応するPDLC中の液晶滴の平均粒径を $R_s$ （ $\mu\text{m}$ ）、セル厚を $d_s$ （ $\mu\text{m}$ ）、各色光の主波長を $\lambda_s$ とし、緑色光の主波長を $\lambda_o$ 、緑色光（主波長 $\lambda_o = 540\text{nm}$ ）用PDLCの液晶滴の平均粒径を $R_o$ 、セル厚を $d_o$ としている。

【0007】また、特開平3-98022号公報は、同じ平均粒径の液晶滴を有し、セル厚をそれぞれの色光に対応して最適化したPDLCを用いた液晶表示装置を開示している。具体的な条件として、下記の関係が示されている。

$$0.3 < R \cdot \Delta n < 0.7$$

$$4R < d < 8R$$

$$0.9d_o/\lambda_o^{1/2} < d_s/\lambda_s^{1/2} < 1.1d_o/\lambda_o^{1/2}$$

ここで、 $R$ はPDLC中の液晶滴の平均粒径（ $\mu\text{m}$ ）であり、他のパラメータは上記と同じである。

## 【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、PDLCを用いた液晶表示装置では、閾値電圧や散乱特性を考慮しても十分な表示特性が得られなかった。また、PDLCを用いた投射型カラー液晶表示装置では、さらに、それぞれの色光に対して、PDLCの散乱特性を最適化する必要があり、その結果、生産性の低下やコストの上昇を招くという問題があった。

【0009】本発明の目的は、閾値特性および散乱特性に優れ、表示品質の高い液晶表示装置（PDLCD）およびその製造方法を提供することと、三原色の色光に対して同一の構成のPDLCDを用いた投射型ディスプレイを提供することである。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の液晶表示装置は、一対の基板と、この一対の基板間に挟持された液晶層と、この液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、液晶層の厚さを $d$ （ $\mu\text{m}$ ）、液晶相の平均粒径または液晶相の平均厚みを $R$ （ $\mu\text{m}$ ）とするとき、

$$2.585 \cdot d^{-1/3} - 0.3 < R < 2.585 \cdot d^{-1/3} + 0.3$$

の関係を満足することを特徴とする。

【0011】これにより、散乱強度が高く、閾値電圧が低くなり、低電圧駆動を可能とし、表示品質を向上することができる。請求項2記載の液晶表示装置は、一対の基板と、この一対の基板間に挟持された液晶層と、この液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分

散液晶からなり、液晶層の厚さを $d$  ( $\mu\text{m}$ )、液晶相の平均粒径または液晶相の平均厚みを $R$  ( $\mu\text{m}$ ) とすると

$$2.585 \cdot d^{-1/3} - 0.1 < R < 2.585 \cdot d^{-1/3} + 0.1$$

の関係を満足することを特徴とする。

【0012】これにより、散乱強度がより高く、閾値電圧が低くなり、低電圧駆動を可能とし、表示品質をより向上することができる。請求項3記載の液晶表示装置は、請求項1記載の液晶表示装置において、液晶相の平均粒径または液晶相の平均厚み $R$ が、 $0.9 < R < 1.25$ の関係を満足する。

【0013】これは、TFTを用いたアクティブマトリクス型PDLCDの実用的な駆動電圧(6~12V程度)を考慮すれば、好ましい関係である。請求項4記載の液晶表示装置は、請求項1記載の液晶表示装置において、液晶層の厚さ $d$ が、 $8 < d < 15$ の関係を満足する。これは、TFTを用いたアクティブマトリクス型PDLCDの実用的な駆動電圧(6~12V程度)を考慮すれば、好ましい関係である。

【0014】請求項5記載の液晶表示装置の製造方法は、一対の基板と、この一対の基板間に挟持された液晶層と、この液晶層に電圧を印加する電極とを備え、液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなる液晶表示装置の製造方法であって、液晶材料と重合性モノマーと重合性オリゴマーとを含む混合物を重合誘起相分離することによって高分子分散液晶を形成する工程を包含し、一対の基板間の距離を $d$  ( $\mu\text{m}$ ) とし、混合物中の重合性モノマーの重量分率を $M$ 、重合性オリゴマーの重量分率を $O$ とすると、

$$0.8 \cdot 550 \cdot d^{-3/2} < M/O < 1.2 \cdot 550 \cdot d^{-3/2}$$

の関係を満足することを特徴とする。

【0015】これにより、散乱強度が高く、閾値電圧が低くなり、低電圧駆動を可能とし、表示品質の向上が図れる液晶表示装置を製造できる。請求項6記載の液晶表示装置の製造方法は、請求項5記載の液晶表示装置の製造方法において、一対の基板間の距離 $d$  ( $\mu\text{m}$ ) と、混合物中の重合性モノマーの重量分率 $M$ と、重合性オリゴマーの重量分率 $O$ とが、

$$0.9 \cdot 550 \cdot d^{-3/2} < M/O < 1.1 \cdot 550 \cdot d^{-3/2}$$

の関係を満足する。

【0016】これにより、散乱強度がより高く、閾値電圧が低くなり、低電圧駆動を可能とし、表示品質のより向上が図れる液晶表示装置を製造できる。請求項7記載の液晶表示装置は、一対の基板と、一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、液晶層の厚さを $d$

( $\mu\text{m}$ )、液晶相の平均粒径または液晶相の平均厚みを $R$  ( $\mu\text{m}$ ) とし、液晶相の液晶材料の屈折率異方性を $\Delta n$  とするとき、

$$R \cdot \Delta n > 0.3, \text{ かつ } 8R < d$$

の関係を満足することを特徴とする。

【0017】これにより、赤色光、緑色光、青色光の各色光に対する散乱ゲインの差は小さくなり、投射型ディスプレイを作製した場合に、良好な黒表示を実現でき、また色バランスも良好となる。また、液晶層の厚さ $d$ にむらがあっても、また、液晶材料の屈折率異方性 $\Delta n$ が温度によって変動しても、それらが表示に与える影響が少なく、表示品質を向上することができる。

【0018】請求項8記載の液晶表示装置は、請求項7記載の液晶表示装置において、液晶層の厚さ $d$  ( $\mu\text{m}$ ) が $18 \mu\text{m}$ 以下である。これにより、実用的に良好な液晶の応答速度を得ることができる。請求項9記載の液晶表示装置は、請求項7記載の液晶表示装置において、液晶相の平均粒径または液晶相の平均厚み $R$  ( $\mu\text{m}$ ) と、液晶相の液晶材料の屈折率異方性 $\Delta n$ とが、 $R \cdot \Delta n > 0.35$ の関係を満足し、かつ、液晶層の厚さ $d$ が $10\%$ 変動した場合に散乱ゲインの変動量が $20\%$ 以下となる液晶層の最小の厚さを $d$  とするとき、 $d < 1.2d$ の関係を満足する。

【0019】これにより、表示品質をより高め、また、液晶の応答速度をより速めることができる。請求項10記載の液晶表示装置は、請求項7記載の液晶表示装置において、一対の基板のうち一方の基板は、電極が複数の画素電極からなり、各画素電極に印加する電圧を制御するアクティブ素子を設けたアクティブマトリクス基板である。

【0020】これにより、アクティブマトリクス型の液晶表示装置の表示品質を向上することができる。請求項11記載の液晶表示装置は、一対の基板と、この一対の基板間に挟持された液晶層と、この液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、液晶層の厚さが $10\%$ 変動した場合の散乱ゲインの変動量が $20\%$ 以下であることを特徴とする。

【0021】これにより、赤色光、緑色光、青色光の各色光に対する散乱ゲインの差は小さくなり、投射型ディスプレイを作製した場合に、良好な黒表示を実現でき、また色バランスも良好となる。また、液晶層の厚さ $d$ にむらがあっても、また、液晶材料の屈折率異方性 $\Delta n$ が温度によって変動しても、それらが表示に与える影響が少なく、表示品質を向上することができる。

【0022】請求項12記載の液晶表示装置は、請求項11記載の液晶表示装置において、液晶層の厚さが $10\%$ 変動した場合の散乱ゲインの変動量が $10\%$ 以下である。これにより、より表示品質を向上することができる。請求項13記載の液晶表示装置は、一対の基板と、

一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、液晶層の赤色光に対する散乱ゲインが、緑色光に対する散乱ゲインの1.2倍以下であることを特徴とする。

【0023】これにより、請求項11、12と同様の効果が得られる。請求項14記載の投射型ディスプレイは、複数の色光の各色光を変調する複数の液晶表示装置と、この複数の液晶表示装置で変調された光を合成し投射する投射光学系とを備えた投射型ディスプレイであって、液晶表示装置は、請求項7、8、9、10、11、12または13記載の液晶表示装置であることを特徴とする。

【0024】このように、請求項7、8、9、10、11、12または13記載の液晶表示装置を用いて構成することにより、1種類のパネル（液晶表示装置）を用いても色むらのない良好な特性の投射型ディスプレイを実現できる。

#### 【0025】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しながら、本発明の実施の形態について説明する。図1は本発明の実施の形態における高分子分散型液晶表示装置（PDLCD）の断面図である。図1（a）は液晶相が独立相（液晶滴）として高分子マトリクス（高分子相）中に分散したタイプのPDLCDを用いたものであり、図1（b）は液晶相および高分子相がともに連続相を形成しているタイプのPDLCDを用いたものである。

【0026】以下の説明では、主として、図1（a）に示すように、液晶相が独立相として高分子相中に分散したPDLCDを用いたPDLCDについて述べるが、本発明は、図1（b）に示した液晶相および高分子相ともに連続相を形成しているポリマーネットワーク構造にも適用できるものである。

【第1の実施の形態】この第1の実施の形態では、図1（a）に示すPDLCD100について説明する。PDLCD100は、一対の基板11aと11bの間に、PDLCDからなる液晶層10を有する。PDLCDは、液晶滴14が高分子マトリクス13中に分散された構造であり、この液晶滴14は略球形をしており、液晶滴14の大きさはその直径（以下「平均粒径」という）Rで表される。

【0027】一対の基板11aおよび11bは、それぞれ液晶層10側の面に透明電極12a、12bが形成されており、液晶層10に電圧を印加する。なお、一方の基板として、複数の画素電極（透明電極）をマトリクス状に形成し、それぞれの画素電極に印加する電圧をスイッチング制御するための薄膜トランジスタ（以下「TFT」という）を形成したアクティブマトリクス基板を用いてもよい。液晶層10の厚さ（以下「セル厚」とい

う）dは、所定の粒径のスペーサ（例えば、樹脂ビーズ）を用いて調整される。なお、図1では、簡単化のために、スペーサやTFTを省略している。

【0028】また、図1（a）では、液晶滴14を完全な球として図示したが、液晶滴14の形状は、球に限られず、球が歪んだ形状や、部分的に隣接する液晶滴14と連続的につながったものもある。球からずれた形状を有する液晶滴14を含むPDLCDについても、平均粒径Rでその大きさを特徴づけることができる。また、図1（b）に示したPDLCD100'のように、ポリマーネットワーク構造を有するPDLCDについては、液晶相14'の平均厚みR'を平均粒径Rと同様のパラメータとして用いて、液晶相14'の大きさを特徴づけることができる。なお、PDLCDの相分離構造（独立相または連続相）は、材料や相分離条件等を調整することによって、制御することができる。

【0029】図1（a）に示したPDLCD100の製造方法を説明する。ここでは、光重合誘起相分離法を用いて、PDLCDを形成した。光重合性モノマー、光重合性オリゴマーおよび光重合開始剤を含む光重合性化合物と、液晶材料との混合物からなるPDLCD前駆体を調製し、この前駆体混合物を所定のセルギャップを有する液晶セルに、例えば、毛細管現象を利用して注入した。液晶材料にはMJ958（メルク社製）、重合性モノマーには2-エチルヘキシルアクリレート（ナカライアスク製）、重合性オリゴマーにはビスコート828（大阪有機化学工業製）、重合開始剤にはダロキュア4265（チバガイキ製）を用いた。

【0030】次に、得られた液晶セルに、超高压水銀灯の紫外線（波長365nmの光の照度が60mW/cm<sup>2</sup>）を約20℃で約60秒間照射した。この時、波長350nm以下の紫外線をカットするフィルターと赤外線カットフィルターを用いて、紫外線照射した。この紫外線照射により、前駆体混合物中の光重合性化合物が重合することによって相分離が起こり、高分子マトリクス13中に液晶滴14が分散したPDLCDが得られた。液晶材料MJ958の屈折率はn。（常光屈折率）=1.5295、n。（異常光屈折率）=1.7806であり、Δn（屈折率異方性）=0.2511である。また、高分子マトリクス13を構成する高分子材料の屈折率はn<sub>p</sub>=1.499であった。

【0031】得られた液晶セルを分解し、イソプロピルアルコールで液晶材料を洗浄除去し、PDLCDの相分離構造を光学顕微鏡で観察した。このPDLCDの液晶滴14は完全な球形ではなく、歪んだ形状になっていた。また部分的には隣の液晶滴14と連続的につながっているものも存在した。また、光学顕微鏡観察の結果から、平均粒径Rを求めた。

【0032】PDLCDの散乱特性（散乱強度）を定量化するための指標として、散乱ゲインGを用いた。散乱

ゲインGは、PDLCDの光照射側の面での照度をE、PDLCDに電圧を印加しない状態でのPDLCDの光照射側とは反対側の面での輝度をB、円周率を $\pi$ として、次式で定義される。

$$G = \pi B / E$$

散乱ゲインGは、以下のようにして評価した。PDLCDの面（基板面）に垂直に平行光を照射し、PDLCDの光照射側の面上に配置した照度計（ミノルタ製T-1M）を用いて、照度Eを測定した。また、PDLCDを透過した光の輝度（正面輝度B）を光入射側とは反対側のPDLCDの面上に配置した輝度計（TOPCON製BM-8）で測定した。このとき、光源、PDLCDおよび輝度計は、一直線上に配置した。また、輝度計の集光角は、 $0.2^\circ$ （ $\pm 0.1^\circ$ ）とした。PDLCが入射光を全天球に均一に散乱する完全な散乱体である場合、散乱ゲインGの値は0.5になる。PDLCに十分な電圧を印加した場合には、PDLCに入射した平行光は散乱されることなくPDLCを透過し、輝度計に入射するので、極めて大きな輝度が得られる。このPDLCDを用いて投射表示した場合のコントラスト比の値は、散乱ゲインGの逆数に比例する。なお、特に断らない限り、散乱ゲインGの測定には、緑色光（視感度フィルターを透過した光）を用いた。上記の散乱ゲインGは、スクリーンの輝度の評価に良く用いられ、例えば、「液晶ビデオプロジェクト技術、監修 佐々木 正 他、1990.10.29p139-146」に解説されている。

【0033】なお、PDLCDの正面輝度Bは、PDLCの光散乱特性だけでなく、PDLCDの開口率にも影響されるので、散乱ゲインGの値は、PDLCDの開口率で規格化した。以下、特に開口率の具体的な数値を明示せずに散乱ゲインGの値を示す場合には、開口率100%の散乱ゲインGに換算した値とする。この実施の形態では、上述の材料および製造方法で、液晶材料の重量分率を80%、光重合開始剤の重量分率を0.1%に固定し、光重合性モノマーの重量分率Mと光重合性オリゴマーの重量分率Oとの比M/Oを変化させて、液晶滴の平均粒径Rを変化させた。M/Oが7.0の場合に、液晶滴の平均粒径R=1.2 $\mu$ mが得られた。また、M/Oを一定に保ちながらPDLC前駆体中の液晶材料の重量分率を変化させることでも、同様に液晶滴の平均粒径Rを変化させることができた。なお、平均粒径Rを制御する方法は上記の方法に限られず、例えば、紫外線の照度を変える等の方法によって光重合速度を変えたり、紫外線を照射するときのPDLC前駆体の温度を変化させることによって、相分離速度を調整することによっても平均粒径Rを制御することができる。

【0034】このようにして異なる平均粒径の液晶滴を有するPDLCを複数作製し、散乱特性（散乱ゲインG）や閾値特性（閾値電圧 $V_d$ ）と平均粒径Rおよびセル厚dとの関係について検討した。まず、平均粒径Rと

散乱ゲインGとの関係を調べた結果を図2に示す。図2において、20a (●) はセル厚dが約10 $\mu$ mの場合の結果であり、20b (○) はセル厚dが約13 $\mu$ mの場合の結果である。

【0035】図2から、セル厚dが約10 $\mu$ mの場合、約13 $\mu$ mの場合の何れにおいても、散乱ゲインGが極小となる平均粒径Rが存在することがわかる。すなわち、平均粒径Rが大き過ぎると散乱ゲインGの値は大きく、散乱特性は比較的悪い。この理由は、平均粒径Rが大きいとセル厚方向に存在する液晶滴の個数が減少し、その結果、入射光が散乱される回数が減少するためと、1個の液晶滴によって光が散乱される角度分布（散乱角）が狭くなるためである。また、平均粒径Rが極端に小さい場合も散乱ゲインGの値は大きくなる。この理由は、平均粒径Rが小さくなりすぎると1個の液晶滴の散乱断面積が小さくなり、直進光が現れるためである。液晶滴の平均粒径Rを小さくしたときに散乱ゲインGが大きくなり始める平均粒径Rを臨界粒径とすると、セル厚dが約10 $\mu$ m（図2中の20a）での臨界粒径は約1.0 $\mu$ mであり、セル厚dが約13 $\mu$ m（図2中20b）での臨界粒径は約0.9 $\mu$ mであった。

【0036】同じ平均粒径Rで比較すると、セル厚dが約13 $\mu$ mの場合の散乱ゲインGは、セル厚dが約10 $\mu$ mの場合の散乱ゲインGよりも小さくなっている。これは、セル厚dを厚くすることにより、入射光がPDLC内で散乱される回数（多重散乱）が増えるからである。この多重散乱の結果、直進光（透過光）はセル厚dに対して指数関数的に減衰する。セル厚dが約13 $\mu$ mの場合の臨界粒径（約0.9 $\mu$ m）が、セル厚dが約10 $\mu$ mの場合の臨界粒径（約1.0 $\mu$ m）よりも小さくなる理由も、多重散乱の効果と考えられる。すなわち、平均粒径Rが小さくなり1つの液晶滴の散乱強度が低下し直進光が発生した場合でも、セル厚dが厚いと直進光が他の液晶滴によって散乱される確率が高いので、散乱ゲインGは低くなり、散乱ゲインGが上昇する臨界粒径は小さくなる。このように、セル厚dが厚くなるにつれて、散乱特性の最適化の指標となる臨界粒径が小さくなることを見いだした。

【0037】次に、平均粒径Rと閾値電圧 $V_d$ との関係について検討した結果を図3に示す。図3において、30a (□) はセル厚dが約10 $\mu$ mの場合の結果であり、30b (×) はセル厚dが約13 $\mu$ mの場合の結果である。この結果から、閾値電圧 $V_d$ は基本的に平均粒径Rと反比例することを見いだした。これは1個の液晶滴の閾値電圧 $V_d$ がほぼ等しいことによると考えられる。1個の液晶滴の閾値電圧 $V_d$ は、PDLC全体の閾値電圧 $V_d$ 、セル厚d、平均粒径Rの関数であり、近似的に

$$V_d = V_d \cdot R / d$$

で表される。この例では、 $V_d$ の値は0.6Vであっ

た。

【0038】また、セル厚  $d$  を変化させた場合の PDLCD の閾値電圧  $V$  も同様の理由で変化し、閾値電圧  $V$  はセル厚  $d$  にほぼ比例する。PDLCD の平均粒径  $R$  とセル厚  $d$  を最適化するためには、最小の閾値電圧  $V$  で最小の散乱ゲイン  $G$  を得る条件が望ましい。そこで、種々の平均粒径を有する PDLCD について、閾値電圧  $V$  と散乱ゲイン  $G$  の値との関係を検討した。得られた結果を図 4 に示す。図 4 において、40a (●) はセル厚  $d$  が約  $10\mu\text{m}$  の場合を示し、40b (○) はセル厚  $d$  が約  $13\mu\text{m}$  の場合を示す。この図 4 において、原点 (閾値電圧  $V=0\text{V}$ 、散乱ゲイン  $G=0.1$ ) に近いポイントが最適条件となる。また、各セル厚における最適条件を与える PDLCD の液晶滴の平均粒径  $R$  を最適平均粒径と呼ぶ。

【0039】なお、PDLCD の駆動電圧は、駆動装置によって制限されるので、PDLCD の閾値電圧は、駆動電圧に応じて設定される。例えば、アクティブマトリクス型 PDLCD の場合、PDLCD の閾値電圧は TFT などのアクティブ素子によって制約される。閾値電圧  $V$ 、および散乱ゲイン  $G$  は、上述したように、セル厚  $d$  および平均粒径  $R$  に依存する。更に、散乱ゲイン  $G$  を最小とする平均粒径  $R$  はセル厚  $d$  に依存する。従って、アクティブ素子の特性に応じて、セル厚  $d$  とともに、それぞれのセル厚  $d$  での最適条件 (最適平均粒径) を検討し、最適セル厚および最適平均粒径を選択する必要がある。

【0040】この図 4 では、セル厚  $d$  が約  $10\mu\text{m}$ 、約  $13\mu\text{m}$  における最適平均粒径は、それぞれ約  $1.2\mu\text{m}$ 、約  $1.1\mu\text{m}$  であった。また同様に検討した結果、セル厚  $d$  が約  $9\mu\text{m}$  の場合の最適平均粒径は約  $1.25\mu\text{m}$  であり、セル厚  $d$  が約  $20\mu\text{m}$  の場合の最適平均粒径は約  $0.95\mu\text{m}$  であった (但し、図 4 中不図示)。セル厚  $d$  が厚くなるほど最適平均粒径が小さくなるのは、前述した臨界粒径が小さくなる現象と同じである。

【0041】これら、各セル厚について求めた最適平均粒径に対応する点を結ぶと、図 4 中の破線 40c の曲線が得られる。最適条件の PDLCD を選択するということは、駆動電圧による閾値電圧に対する制限の下で、破線 40c 上の点を選択することに対応する。上述の種々のセル厚  $d$  について得られた最適平均粒径と、その最適平均粒径を有する PDLCD を得るための重合性モノマーの重量分率  $M$  と重合性オリゴマーの重量分率  $O$  との比  $M/O$  とを併せて表 1 に示す。

【0042】

【表 1】

(7)

特開平 9-211435

| セル厚 $d$<br>( $\mu\text{m}$ ) | 最適平均粒径 $R$<br>( $\mu\text{m}$ ) | $M/O$ (重量分率比) |
|------------------------------|---------------------------------|---------------|
| 9                            | 1.25                            | 21.6          |
| 10                           | 1.20                            | 17.4          |
| 13                           | 1.10                            | 12.4          |
| 20                           | 0.95                            | 7.0           |

\* 【0043】表 1 の結果から、セル厚  $d$  と最適平均粒径  $R$  との関係は、次式で与えられる。

$$R = 2.585 \cdot d^{-1/3}$$

最適平均粒径  $R$  の誤差は、±約  $0.3\mu\text{m}$  以下であれば実用上問題なく、±約  $0.1\mu\text{m}$  以下であることが特性上好ましい。また、セル厚  $d$  と、そのセル厚  $d$  に対する最適平均粒径を有する PDLCD を得るための重合性モノマーの重量分率  $M$  と重合性オリゴマーの重量分率  $O$  との比  $M/O$  との関係は、近似的に次式で与えられる。

$$【0044】M/O = 550 \cdot d^{-3/2}$$

重合性モノマーの重量分率  $M$  と重合性オリゴマーの重量分率  $O$  との比  $M/O$  の誤差は、±約  $20\%$  以下であれば実用上問題なく、±約  $10\%$  以下であることが特性上好ましい。また、TFT 素子を用いたアクティブマトリクス型 PDLCD の実用的な駆動電圧が、 $6 \sim 12\text{V}$  程度であることを考慮すると、最適平均粒径  $R$  およびセル厚  $d$  は、それぞれ以下の範囲にあることが好ましい。

$$【0045】0.9 < R < 1.25$$

$$8 < d < 15$$

以上に述べた関係式に基づいて、セル厚  $d$  と平均粒径  $R$  を最適化することによって、散乱ゲインが低く (散乱強度が高く)、閾値電圧が低い PDLCD を作製することが可能となる。その結果、低電圧駆動が可能で、表示品質の高い PDLCD を実現することができる。

【0046】〔第 2 の実施の形態〕この実施の形態では、投射型ディスプレイである 3 板式投射型カラー表示装置のパネルとして、3 原色の光に対して共通に用いることができる PDLCD について説明する。投射型ディスプレイの例として、図 7 に示す構成の 3 板式の投射型カラー表示装置 70 を作製した。この投射型カラー表示装置 70 は、3 原色の光に対して、3 枚の PDLCD 73 を使用している。光源 71 から出射された白色光は、3 枚のダイクロイックミラー 72a、72b、72c で色分離され、それぞれの PDLCD 73 に導かれる。ダイクロイックミラー 72a～72c としては、反射波長帯域が、青用 ( $480 \sim 500\text{nm}$ )、緑用 ( $530 \sim 570\text{nm}$ )、赤用 ( $600\text{nm}$  以上) のものを用いた。それぞれの PDLCD 73 で強度変調された色光は、ミラー 77 で反射され、投射レンズ 74 および絞り 75 を有する投射光学系で合成され、スクリーン 76 に投射される。

【0047】この実施の形態で用いた PDLCD 73 の材料は、液晶材料として TL213 (メルク社製、n。



=1.5273、 $n_s=1.7664$ 、 $\Delta n=0.2391$ )を用いた以外は全て第1の実施の形態のPDLCDと同様である。PDLCD73の散乱ゲインGのセル厚dに対する依存性をR、G、Bの各色光に対して調べた結果を図5に示す。図5において、50R、50G、50BはそれぞれR(赤色)光、G(緑色)光、B(青色)光に対する結果である。図5からわかるように、セル厚dが薄くなるにつれて散乱ゲインGは大きくなり、散乱強度が低下している。特に、赤色光(50R)では、他の色光(50Gおよび50B)に対して比較的高いセル厚dで散乱ゲインGの上昇が見られた。

【0048】この赤色光に対して、急激に散乱ゲインGが上昇し始める臨界的なセル厚dを $d_c$ とする。具体的には、図5中の曲線(50B、50G、50R)の傾きの絶対値( $|\Delta G/\Delta d|$ )が1以下となる最小のセル厚を臨界セル厚 $d_c$ と定義した。この条件は、セル厚dが10%変動した場合の散乱ゲインの変動が10%以下となる条件である。なお、セル厚dが10%変動した場合の散乱ゲインの変動が20%以下となる条件を満足するように、臨界セル厚 $d_c$ を設定しても実用上問題は無く、材料の選定や製造マージンを広くとれる等の利点があるので、必要に応じて臨界セル厚 $d_c$ を設定すればよい。

【0049】この $d_c$ 以下のセル厚dのPDLCDは赤色光に対する散乱強度が弱く、このようなPDLCDを用いた投射型カラー表示装置は、黒表示を行った場合、赤っぽい黒が表示される。そこで $d_c$ 以上のセル厚dにすると、R光、G光、B光の各色光に対する散乱ゲインGの差は比較的小さく、良好な黒表示を実現できる。また色バランスも良好である。

【0050】さらに、上記の条件(セル厚 $d \geq d_c$ )を満足するPDLCDは、セル厚dにむらがあった場合にも、そのムラが表示に影響しにくいというメリットがある。また、PDLCDの温度変動によって液晶材料の $\Delta n$ が変動した場合でも、セル厚dが $d_c$ 以上であれば、 $\Delta n$ の変動も表示に影響を与えにくい。従って、PDLCDのセル厚dは臨界セル厚 $d_c$ 以上に設定することが望ましい。図5では、セル厚dが臨界セル厚 $d_c$ の場合、R光、G光、B光のそれぞれの色光に対する散乱ゲインGの値はそれぞれ1.45、1.2、1.15であった。このとき、R光に対する散乱ゲイン(=1.45)はG光に対する散乱ゲイン(=1.2)のほぼ1.2倍であった。種々検討した結果、セル厚dを臨界セル厚 $d_c$ 以上にすることは、R光に対する散乱ゲインとG光に対する散乱ゲインの比を約1.2以下にすることと等価であった。

【0051】また、臨界セル厚 $d_c$ は液晶滴の平均粒径Rに依存することを見いだした。これは前述したように散乱断面積が液晶滴の平均粒径Rの関数になっているため、平均粒径Rによって散乱挙動が異なるためである。

表2に、この実施の形態における平均粒径Rと臨界セル厚 $d_c$ との関係を示す。

【0052】

【表2】

| 平均粒径R<br>( $\mu\text{m}$ ) | 臨界セル厚 $d_c$<br>( $\mu\text{m}$ ) |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1.3                        | 10.5                             |
| 1.5                        | 13.0                             |
| 1.7                        | 14.0                             |

【0053】この平均粒径Rと臨界セル厚 $d_c$ との関係は、実験結果に基づいて、次式で表すことができる。

$$d_c = 8 \times R = 8R$$

ただし、平均粒径Rが約1.2 $\mu\text{m}$ 以下では、上記の関係は成立しない。その理由は、以下のように考えられる。赤色光についての散乱ゲインの平均粒径依存性を図6に示す。図6に示すように、平均粒径Rが1.2 $\mu\text{m}$ 以下になると急激に増大する。この急激な増大は、液晶滴の散乱断面積が実際の液晶滴の粒径よりも小さくなるために、直進光が発生することに起因している。このように、1.2 $\mu\text{m}$ 以下の平均粒径Rでは散乱ゲインが急激に上昇するので、上記関係式が成立しない。この上記関係式を満足する平均粒径Rの下限値は、液晶滴の散乱特性(散乱断面積)と関係しており、液晶材料の複屈折率 $\Delta n$ に依存し、次式の関係を満足することが好ましい。

$$【0054】 R \cdot \Delta n > 0.3$$

また、平均粒径Rは、 $R \cdot \Delta n > 0.35$ の関係を満足することが更に好ましい。次に、応答時間(応答速度)と平均粒径Rとの関係を検討した結果、応答時間は平均粒径Rにほとんど依存せず、印加電界(印加電圧をセル厚dで割った値)に主に依存することを見いだした。PDLCに印加する電圧の上限値は、上述したように駆動装置の特性によって制限される。従って、印加電界の上限値は、セル厚dによって決まる。すなわち、セル厚dを薄くするほど応答速度を早くすることができる。

【0055】この実施の形態では、使用したアクティブマトリクス基板のTFTの特性から、駆動電圧の上限値は10Vであり、実用的な応答速度を得るためのセル厚dの上限値は18 $\mu\text{m}$ であった。このときの応答時間(立ち上がり時間と立ち下がり時間の和)は100msであった。現在使用されているTFTの特性から、実用的な駆動電圧の上限値は10V程度あり、上述の結果から、PDLCを用いたアクティブマトリクス型液晶表示装置のセル厚dは18 $\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。さらに、応答速度を速めるために、セル厚dを1.2 $d_c$ より薄くすることが好ましい。

【0056】以上をまとめると次の2つの条件が得られる。

$$【0056】 R \cdot \Delta n > 0.3, \quad 8R < d < 18$$

さらに、好ましくは、

$$R \cdot \Delta n > 0.35, \quad 8R < d < 1.2d.$$

の関係を満足することが好ましい。

【0057】上記の条件を満足するPDLCDを用いれば、1種類のパネルを用いても、色むらのない良好な特性の投射型カラー表示装置を実現できる。その結果、生産性の向上および低コスト化を図ることができる。なお、上記第1および第2の実施の形態では、図1(a)に示すPDLCDについて、その条件を説明したが、図1(b)に示すPDLCDについては、前述した条件において、液晶滴14の平均粒径Rの代わりに、液晶相14'の平均厚みR'を用いればよい。この平均厚みR'は、前述した平均粒径Rと同様にして、例えば、液晶セルを分解し、基板側に残った液晶相14'の跡を光学顕微鏡で観察して求めることができる。

#### 【0058】

【発明の効果】請求項1記載の液晶表示装置は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなる液晶層の厚さをd(μm)、液晶相の平均粒径または液晶相の平均厚みをR(μm)とすると、

$$2.585 \cdot d^{-1/3} - 0.3 < R < 2.585 \cdot d^{-1/3} + 0.3$$

の関係を満足することにより、散乱強度が高く、閾値電圧が低くなり、低電圧駆動を可能とし、表示品質を向上することができる。

【0059】また、請求項2記載の液晶表示装置は、

$$2.585 \cdot d^{-1/3} - 0.1 < R < 2.585 \cdot d^{-1/3} + 0.1$$

の関係を満足することにより、散乱強度がより高く、閾値電圧が低くなり、低電圧駆動を可能とし、表示品質をより向上することができる。また、請求項3記載の液晶表示装置は、請求項1記載の液晶表示装置において、液晶相の平均粒径または液晶相の平均厚みRが、 $0.9 < R < 1.25$ の関係を満足することが、TFTを用いたアクティブマトリクス型PDLCDの実用的な駆動電圧(6~12V程度)を考慮すれば、好ましい関係である。

【0060】請求項4記載の液晶表示装置は、請求項1記載の液晶表示装置において、液晶層の厚さdが、 $8 < d < 15$ の関係を満足することが、TFTを用いたアクティブマトリクス型PDLCDの実用的な駆動電圧(6~12V程度)を考慮すれば、好ましい関係である。請求項5記載の液晶表示装置の製造方法は、液晶層が高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなる液晶表示装置の製造方法であって、液晶材料と重合性モノマーと重合性オリゴマーとを含む混合物を重合誘起相分離することによって高分子分散液晶を形成する工程を包含し、一対の基板間の距離をd(μm)とし、混合物中の重合性モノマーの重量分率をM、重合性オリゴマーの重量分率をOとすると、

$$0.8 \cdot 550 \cdot d^{-3/2} < M/O < 1.2 \cdot 550 \cdot d^{-3/2}$$

の関係を満足することにより、散乱強度が高く、閾値電圧が低くなり、低電圧駆動を可能とし、表示品質の向上が図れる液晶表示装置を製造できる。

【0061】また、請求項6記載の液晶表示装置の製造方法は、請求項5記載の液晶表示装置の製造方法において、

$$0.9 \cdot 550 \cdot d^{-3/2} < M/O < 1.1 \cdot 550 \cdot d^{-3/2}$$

10 の関係を満足することにより、散乱強度がより高く、閾値電圧が低くなり、低電圧駆動を可能とし、表示品質のより向上が図れる液晶表示装置を製造できる。

【0062】請求項7記載の液晶表示装置は、一対の基板と、一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、液晶層の厚さをd(μm)、液晶相の平均粒径または液晶相の平均厚みをR(μm)とし、液晶相の液晶材料の屈折率異方性をΔnとすると、

$$R \cdot \Delta n > 0.3, \quad \text{かつ} \quad 8R < d$$

20 の関係を満足することにより、赤色光、緑色光、青色光の各色光に対する散乱ゲインの差は小さくなり、投射型ディスプレイを作製した場合に、良好な黒表示を実現でき、また色バランスも良好となる。また、液晶層の厚さdにむらがあっても、また、液晶材料の屈折率異方性Δnが温度によって変動しても、それらが表示に与える影響が少なく、表示品質を向上することができる。

【0063】請求項8記載の液晶表示装置は、請求項7記載の液晶表示装置において、液晶層の厚さd(μm)が18μm以下であることにより、実用的に良好な液晶の応答速度を得ることができる。請求項9記載の液晶表示装置は、請求項7記載の液晶表示装置において、液晶相の平均粒径または液晶相の平均厚みR(μm)と、液晶相の液晶材料の屈折率異方性Δnとが、 $R \cdot \Delta n > 0.35$ の関係を満足し、かつ、液晶層の厚さdが10%変動した場合に散乱ゲインの変動量が20%以下となる液晶層の最小の厚さをd<sub>0</sub>とすると、 $d < 1.2d_0$ の関係を満足することにより、表示品質をより高め、また、液晶の応答速度をより速めることができる。

【0064】請求項10記載の液晶表示装置は、請求項7記載の液晶表示装置において、一対の基板のうち一方の基板を、電極が複数の画素電極からなり、各画素電極に印加する電圧を制御するアクティブ素子を設けたアクティブマトリクス基板とすることにより、表示品質の高いアクティブマトリクス型の液晶表示装置を実現することができる。

【0065】請求項11記載の液晶表示装置は、一対の基板と、この一対の基板間に挟持された液晶層と、この液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置で

あって、液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、液晶層の厚さが10%変動した場合の散乱ゲインの変動量が20%以下であることを特徴とすることにより、赤色光、緑色光、青色光の各色光に対する散乱ゲインの差は小さくなり、投射型ディスプレイを作製した場合に、良好な黒表示を実現でき、また色バランスも良好となる。また、液晶層の厚さdにむらがあっても、また、液晶材料の屈折率異方性 $\Delta n$ が温度によって変動しても、それらが表示に与える影響が少なく、表示品質を向上することができる。

【0066】請求項12記載の液晶表示装置は、請求項11記載の液晶表示装置において、液晶層の厚さが10%変動した場合の散乱ゲインの変動量が10%以下であることにより、より表示品質を向上することができる。請求項13記載の液晶表示装置は、一対の基板と、一対の基板間に挟持された液晶層と、液晶層に電圧を印加する電極とを備えた液晶表示装置であって、液晶層は、高分子相と液晶相とを含む高分子分散液晶からなり、液晶層の赤色光に対する散乱ゲインが、緑色光に対する散乱ゲインの1.2倍以下であることを特徴とすることにより、請求項11、12と同様の効果が得られる。

【0067】請求項14記載の投射型ディスプレイは、複数の色光の各色光を変調する複数の液晶表示装置と、この複数の液晶表示装置で変調された光を合成し投射する投射光学系とを備えた投射型ディスプレイであって、液晶表示装置に、請求項7、8、9、10、11、12または13記載の液晶表示装置を用いることにより、1種類のパネル（液晶表示装置）を用いても色むらのない良好な特性の投射型ディスプレイを実現でき、生産性の向上および低コスト化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態における液晶表示装置（PDLCD）の断面図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態におけるPDLCD \*

\* の散乱ゲインと液晶滴の平均粒径との関係を示す特性図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態におけるPDLCDの閾値電圧と液晶滴の平均粒径との関係を示す特性図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態におけるPDLCDの散乱ゲインと閾値電圧との関係を示す特性図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態におけるPDLCDの散乱ゲインとセル厚の関係をRGB三色に対して示す特性図である。

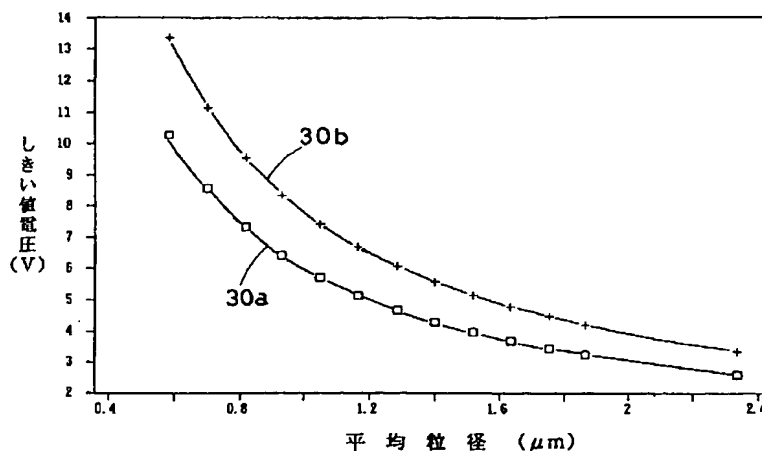
【図6】本発明の第2の実施の形態におけるPDLCDの散乱ゲインと液晶滴の平均粒径との関係を示す特性図である。

【図7】本発明の第2の実施の形態におけるPDLCDを用いた投射型カラー表示装置の構成を示す模式図である。

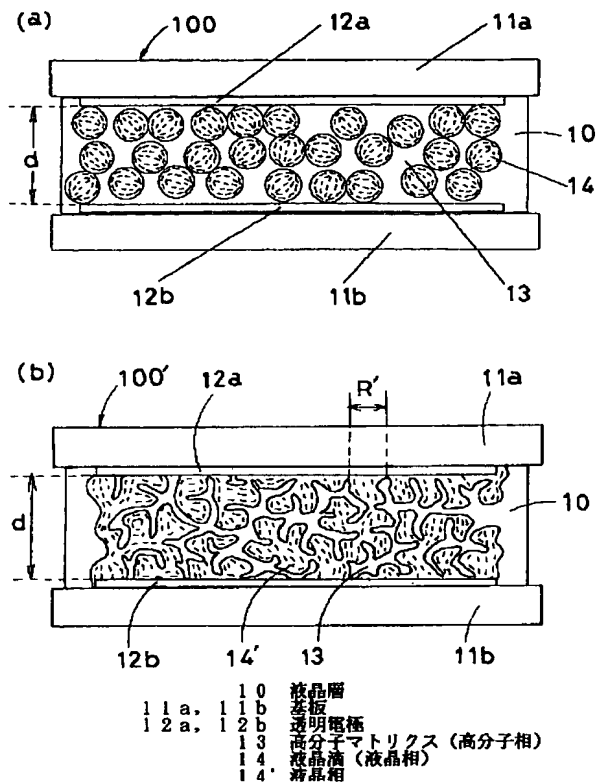
【符号の説明】

- 10 液晶層
- 11a, 11b 基板
- 12a, 12b 透明電極
- 13 高分子マトリクス（高分子相）
- 14 液晶滴（液晶相）
- 14' 液晶相
- d 液晶層の厚さ
- R 液晶滴の平均粒径
- R' 液晶相の平均厚み
- 70 投射型カラー表示装置（投射型ディスプレイ）
- 71 光源
- 72a~72c ダイクロイックミラー
- 73 PDLCD（液晶表示装置）
- 74 投射レンズ（投射光学系）
- 75 絞り（投射光学系）
- 76 スクリーン
- 77 ミラー（投射光学系）

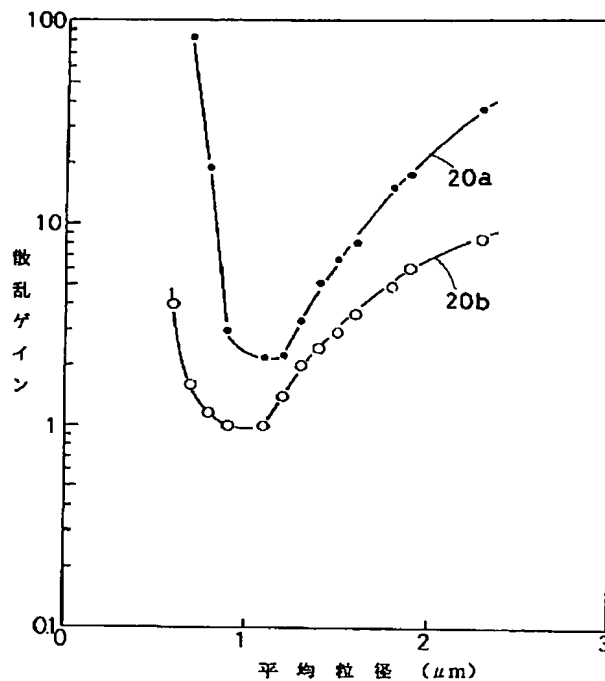
【図3】



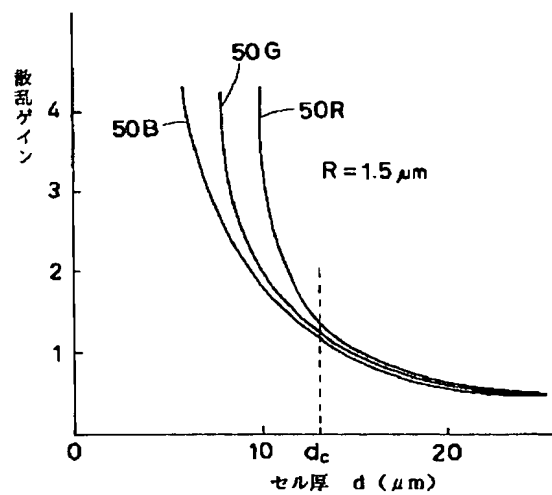
【図1】



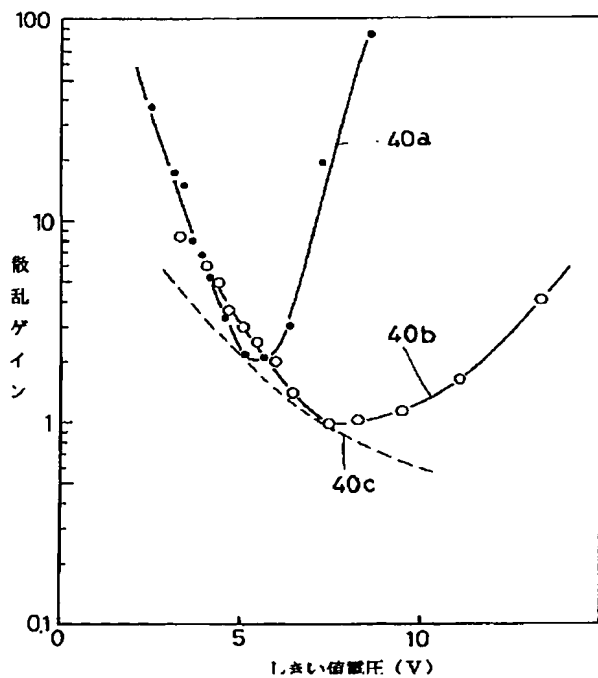
【図2】



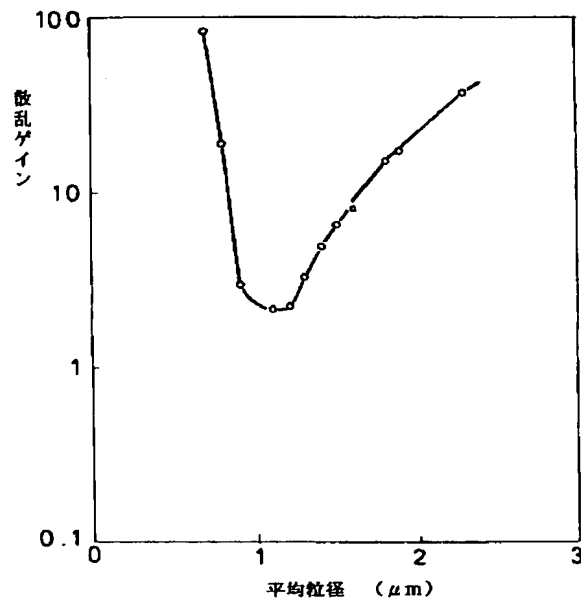
【図5】



【図4】



【図6】



【図7】

